

การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุเกิดการเสื่อมสภาพ

Determination of Motor Efficiency in Air Condensing Unit Using Thermal Image Analytics: The case of Capacitor Degradation

สงกรานต์ ภารกุล^{1*} กำจัด ใจตรง¹ ประสงค์ศักดิ์ สองศรี¹ ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล²

Songkran Parakul^{1*} Kumjat Jaitrong¹ Prasongsuk Songsree¹ Thaweesak Trongtirakul²

¹อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* E-mail: songkranp@siamtechno.ac.th

Received: October 25, 2022

Revise: December 9, 2022

Accepted: December 13, 2022

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนที่อยู่ในชุดอุปกรณ์ควบแน่นสารทำความเย็นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในเรื่องของระยะเวลาการถ่ายเทความร้อน ส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ชุดควบแน่นในเครื่องปรับอากาศแบบความเร็รรอบคงที่จะใช้มอเตอร์ระบายความร้อนชนิดมอเตอร์คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ในการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา ตัวเก็บประจุจะไม่ถูกวัดเนื่องจากความซับซ้อนในการติดตั้งระบบไฟฟ้า ในทางเทคนิค การเสื่อมสภาพของความจุส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์ระบายความร้อนไม่มีประสิทธิภาพส่งผล คอมเพรสเซอร์ของชุดควบแน่นใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องจากการทำงานเป็นเวลานาน ในบทความนี้ จะเสนอการกำหนดประสิทธิภาพของมอเตอร์ในชุดควบแน่นโดยใช้การวิเคราะห์ภาพความร้อน ระดับความสว่างของภาพความร้อนจะถูกทำให้เป็นมาตรฐานบนระนาบการแผ่รังสีความร้อนที่ได้รับอนุญาต ความเร็วและกระแสของมอเตอร์อยู่ในสัดส่วนทางอ้อม การใช้ภาพถ่ายความร้อนใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จากผลการทดลองข้อมูลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า 1) การใช้ภาพถ่ายความร้อนสอดคล้องกับความเร็วรอบและกระแสไฟที่มอเตอร์ใช้ และ 2) ความจุที่เหมาะสมควรเป็น 1.5 uf การใช้การวิเคราะห์ด้วยภาพความร้อนนั้นง่าย ราคาไม่แพง และเป็นประโยชน์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของชุดควบแน่น นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าในชุดควบแน่น

คำสำคัญ: มอเตอร์ระบายความร้อน, ประสิทธิภาพ, ภาพถ่ายความร้อน

Abstract

The efficiency of the cooling motor located in a condensing unit is essential for the performance of an air conditioner in terms of the duration of heat transfer. It directly affects the electric power consumption of an air conditioner. The condensing unit of the fixed-speed split type air conditioners consists of a motorized capacitor run.

During scheduled maintenance, the capacitor is not measured due to electrical installation complexity. Technically, the degradation of capacitance results in the inefficient speed of a cooling motor. The compressor of a condensing unit consumes more electricity due to its long-time operation. In this paper, the efficiency determination of the motor in a condensing unit is proposed by using thermal image analytics. Luminance levels of thermal images are normalized on a permitted thermal radiation plane. The speed and the current of the motor are in indirect proportion. The use of thermal imagery exploits the aforementioned relationship. Analytic information illustrates that i) the use of thermal imagers is consistent with the speed and the current consumed by the motor, and ii) the appropriate capacitance should be 1.5 μF . The use of thermal image analytics is simple, inexpensive, and beneficial for determining the efficiency of a condensing unit. Moreover, it can prevent the degradation of electrical equipment in a condensing unit.

Keywords: Cooling Fan, Efficiency, Thermal Imagery

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบภูมิประเทศเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวเครื่องปรับอากาศจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในอุตสาหกรรมที่อยู่พักอาศัยและรวมถึงในอาคารมีรูปแบบที่หลากหลายขึ้นอยู่กับการต้องการที่นำไปติดตั้งใช้งาน [1] สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเกิดขึ้นได้จากตำแหน่งที่ติดตั้งชุดระบายความร้อนโดนแสงแดดตลอดระยะเวลาในการใช้เครื่องปรับอากาศ

โดยปกติแล้ว การบำรุงรักษาระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศจะใช้การตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันสารทำความเย็นในการบำรุงรักษาจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเสื่อมค่าของชุดอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ที่มีผลทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและกินค่าพลังงานมากขึ้นในด้านการแพทย์และงานวิศวกรรมกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถทำการสแกนพื้นผิวของวัตถุโดยที่ไม่มีการทำลายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้ตรวจหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วหรือความเสียหาย ซึ่งจะทำให้สามารถลดเวลาในการแก้ไขปัญหาและการบำรุงรักษา

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการวิเคราะห์ภาพสำหรับระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเสื่อมค่าของชุดอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ในมอเตอร์ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศเพื่อหาค่าความร้อนของอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำการบำรุงรักษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเมื่อตัวคาปาซิเตอร์เกิดการเสื่อมค่าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9000 BTU ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน
2. เพื่อหาจุดเหมาะสมในการบำรุงรักษาโดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายความร้อน

3. การดำเนินการวิจัย

1. จำลองการเสื่อมค่าของคาปาซิเตอร์ในมอเตอร์ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยมีเงื่อนไขดังนี้
 - 1.1 สร้างชุดสาธิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 9000 BTU

1.2 วัดขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของมอเตอร์ที่ใช้ในการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน ขนาด 9000 BTU

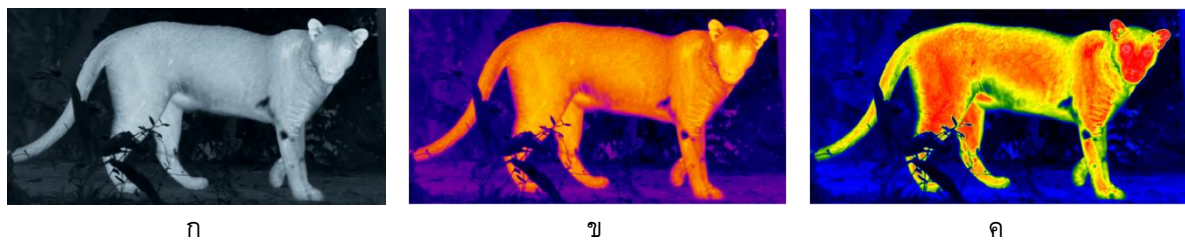
1.3 หาขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่มีขนาดแตกต่างกัน

1.4 เปิดเครื่องปรับอากาศให้ระบบระบายความร้อนทำงาน 5 นาทีก่อนทำการทดลองการถ่ายภาพความร้อน

1.5 ถ่ายภาพถ่ายภาพความร้อน โดยใช้เห็นมอเตอร์ระบายความร้อนทั้งภาพ

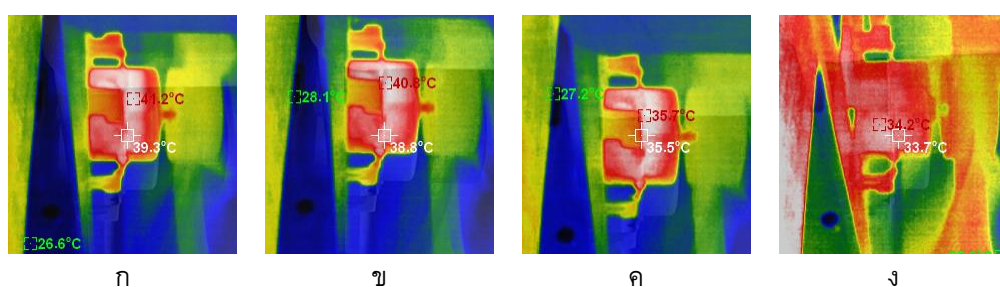
2. วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายความร้อน

จากคุณสมบัติของกล้องที่ใช้ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Camera) [2,3] สามารถแสดงการแผ่รังสีความร้อนโดยใช้แผนผังสี(Colormap) ที่ต่างกันออกไป ซึ่งถูกคำนวณจากภาพระดับเทา(Monochrome Image) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปถ่ายความร้อน ก) รูปต้นฉบับของภาพถ่ายความร้อน ข) รูปถ่ายความร้อนโดยใช้แผนผังสี FLIR และ ค) รูปถ่ายความร้อนโดยใช้แผนผังสี HSV

โดยทั่วไปแล้ว ภาพที่ถูกถ่ายจากกล้องถ่ายภาพความร้อนจะถูกปรับค่าระดับความสว่างของภาพโดยใช้อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าจากภาพระดับเทาเป็นภาพสีโดยใช้แผนผังสีต่าง ๆ จากรูปที่ 2 สังเกตเห็นได้ว่า ภาพถ่ายความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้แตกต่างกันออกไป ด้วยคุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถปรับความร้อนสูงสุดภายในภาพให้แสดงเป็นสีแดง และปรับความร้อนต่ำสุดภายในภาพให้แสดงเป็นสีน้ำเงิน ดังนั้น การวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนเชิงเปรียบเทียบนั้นจำเป็นต้องมีการปรับค่าความสว่างของภาพให้อยู่บนระนาบการกระจายตัวของความสว่างเดียวกัน



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบการแสดงสีของรูปถ่ายความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำสุด (T_{min})และอุณหภูมิสูงสุด(T_{max})ในระดับต่างกัน ก) $T_{min} = 26.6^{\circ}C, T_{max} = 41.2^{\circ}C$ ข) $T_{min} = 28.1^{\circ}C, T_{max} = 40.8^{\circ}C$ ค) $T_{min} = 27.2^{\circ}C, T_{max} = 35.7^{\circ}C$ และ ง) $T_{min} = 25.6^{\circ}C, T_{max} = 34.2^{\circ}C$

2.1 การปรับค่าระดับความสว่างของภาพถ่ายความร้อน (Intensity Normalization) [4,5]

กำหนดให้ภาพถ่ายความร้อน $(I_{i,j})$ มีค่าระดับความสว่างซึ่งประกอบด้วย $x = \{x_0, x_1, \dots, x_{L-1}\}$ เมื่อ L เป็นค่าระดับความสว่างสูงสุดของภาพถ่ายความร้อนที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ สำหรับการปรับค่าความสว่างของภาพถ่ายความร้อนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$f(\lambda) = \left(\frac{I_{i,j} - \min\{I_{i,j}\}}{\max\{I_{i,j} - \min\{I_{i,j}\}\}} \right) (\lambda_{max} - \lambda_{min}) \quad (1)$$

$$\lambda_{min}(x, T, \tau) = \frac{x_0 \cdot T_{min}}{\tau_{min}}; \quad \lambda_{max}(x, T, \tau) = \frac{x_{L-1} \cdot T_{max}}{\tau_{max}} \quad (2)$$

โดยที่ x_0 และ x_{L-1} แทนด้วยค่าระดับความสว่างของภาพต่ำสุด และสูงสุดตามลำดับ T_{min} และ T_{max} คืออุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุดของภาพถ่ายความร้อนตามลำดับ τ_{min} และ τ_{max} เป็นค่าระดับความสว่างของภาพต่ำสุด และสูงสุดบนระนาบใหม่ที่ต้องการปรับค่าความสว่าง

2.2 ฟังก์ชันของแผนผังสี (Colormap Function) [6,7]

การคำนวณหาค่าฟังก์ชันแผนผังของสี เพื่อใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน แผนผังสีใหม่มีความสัมพันธ์กับการแผ่รังสีความร้อนที่ถูกปรับค่าระดับความสว่างของภาพอยู่บนระนาบความสว่างเดียวกัน ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$R(x) = \begin{cases} x_{L-1}, & x_0 \leq x < x_a \\ m_R x + c_R, & x_a \leq x < x_b \\ x_0, & x_b \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (3)$$

$$m_R = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_b - x_a}; \quad c_R = -m_R \cdot x_b \quad (4)$$

$$G(x) = \begin{cases} x_0, & x_0 \leq x < x_c \\ m_{G1} x + c_{G1}, & x_c \leq x < x_d \\ m_{G2} x + c_{G2}, & x_d \leq x < x_e \\ x_0, & x_e \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (5)$$

$$m_{G1} = \frac{x_{L-1} - x_0}{x_d - x_c}; \quad c_{G1} = -m_{G1} \cdot x_c \quad (6)$$

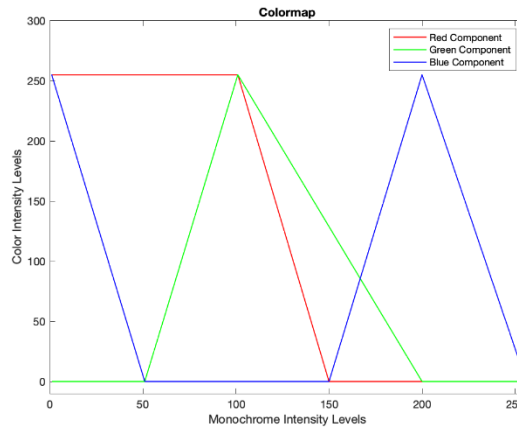
$$m_{G2} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_e - x_d}; \quad c_{G2} = -m_{G2} \cdot x_c \quad (7)$$

$$B(x) = \begin{cases} m_{B1} x + c_{B1}, & x_0 \leq x < x_f \\ x_0, & x_f \leq x < x_g \\ m_{B2} x + c_{B2}, & x_g \leq x < x_h \\ m_{B3} x + c_{B3}, & x_h \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (8)$$

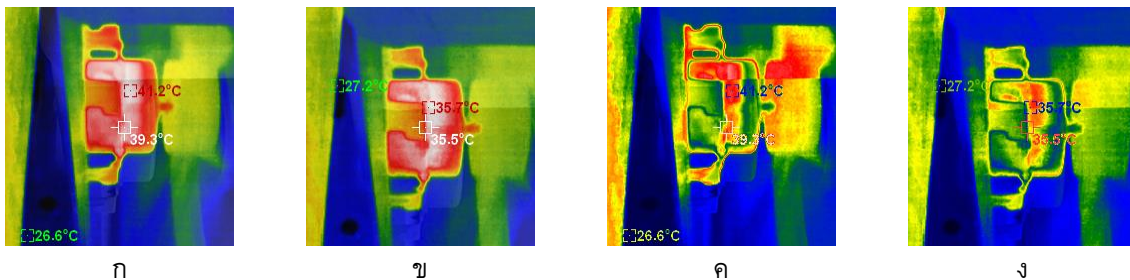
$$m_{B1} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_{f-1} - x_0}; \quad c_{B1} = -m_{B1} \cdot x_f \quad (9)$$

$$m_{B2} = \frac{x_{L-1} - x_0}{x_h - x_g} ; \quad c_{B2} = -m_{B2} \cdot x_g \quad (10)$$

$$m_{B3} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_{L-1} - x_{h-1}} ; \quad c_{B3} = -m_{B1} \cdot x_L \quad (11)$$



รูปที่ 3 พังก์ชันของแผนผังสี โดย $x_a = 101, x_b = 150, x_c = 51, x_d = 101, x_e = 200, x_f = 51, x_g = 150$ และ $x_h = 200$



รูปที่ 4 ภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่าง ก) ภาพต้นฉบับ โดยที่ $T_{min} = 26.6^{\circ}\text{C}$ และ $T_{max} = 41.2^{\circ}\text{C}$ ข) ภาพต้นฉบับ โดยที่ $T_{min} = 27.2^{\circ}\text{C}$ และ $T_{max} = 35.7^{\circ}\text{C}$ และ

ค-ง) ภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่างของรูปที่ 4.ก) และ รูปที่ 4.ข) ตามลำดับ เมื่อ $\tau_{min} = 25^{\circ}\text{C}$ และ $\tau_{max} = 42^{\circ}\text{C}$

2.3 การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้แผนผังสี

ภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่าง ทำให้ค่าความสว่างของภาพผลลัพธ์ถูกปรับให้อยู่บนระนาบเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4 ผลลัพธ์ที่เกิดจากการปรับความความสว่างใหม่ ทำให้แสดงข้อมูลการแผ่รังสีความร้อนถูกต้อง โดยสังเกตได้จากรูปที่ 4.ค มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 41.2°C ได้แสดงค่าความร้อนเชิงพื้นที่มากกว่ารูปที่ 4.ง ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.7°C

การคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสี

ผ่านการปรับค่าระดับความสว่างสามารถทำการคำนวณได้โดยใช้ค่าเฉลี่ยความสว่างขององค์ประกอบสีแดง ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$\eta = \left(1 - \frac{\mu_R}{x_{L-1}}\right) \times 100 \quad (12)$$

โดยที่ μ_R คือ ค่าเฉลี่ยความสว่างขององค์ประกอบสีแดง

4. ผลการทดลอง

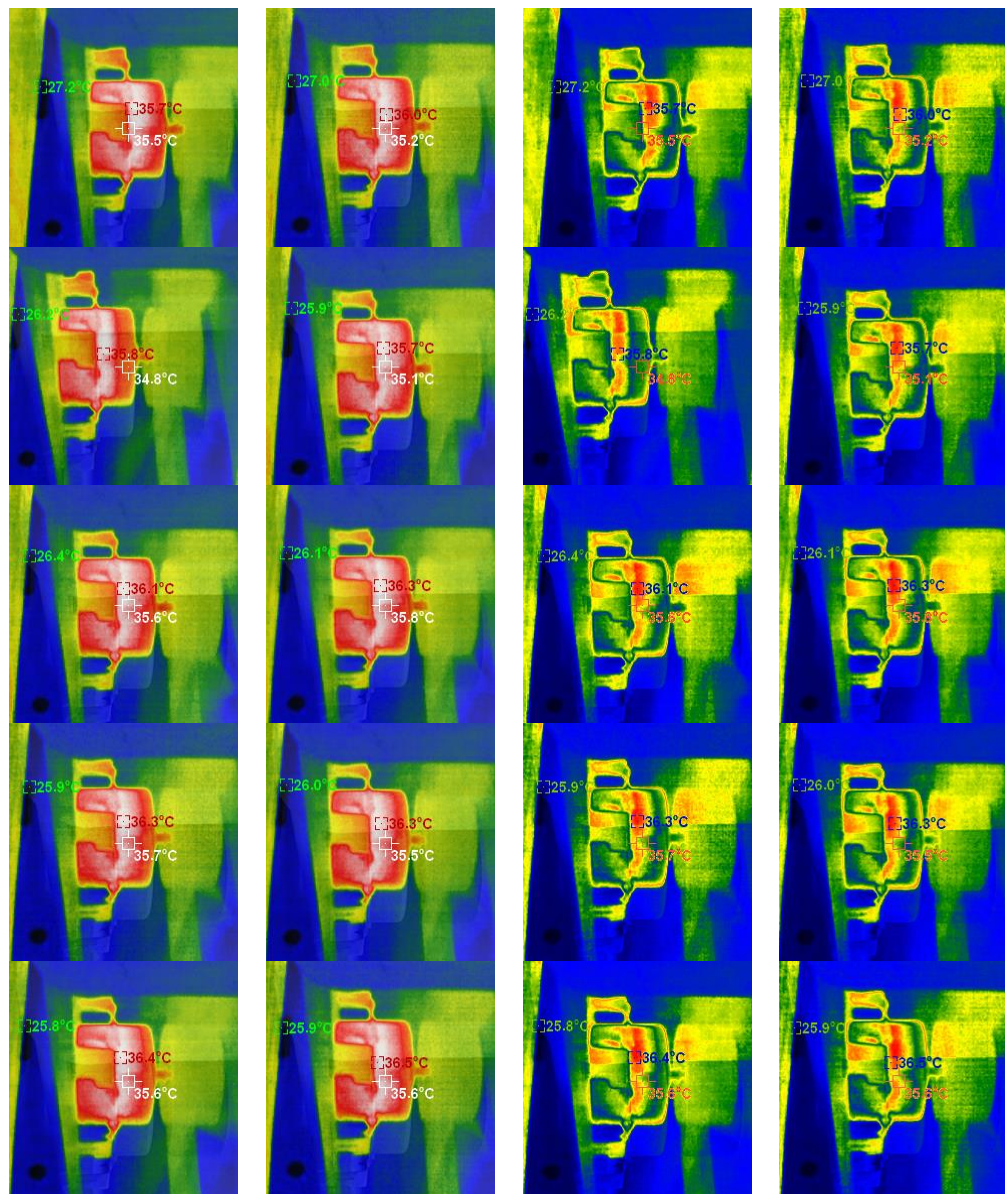


ก

ข

รูปที่ 5 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 0.80\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกปรับค่าระดับความร้อน

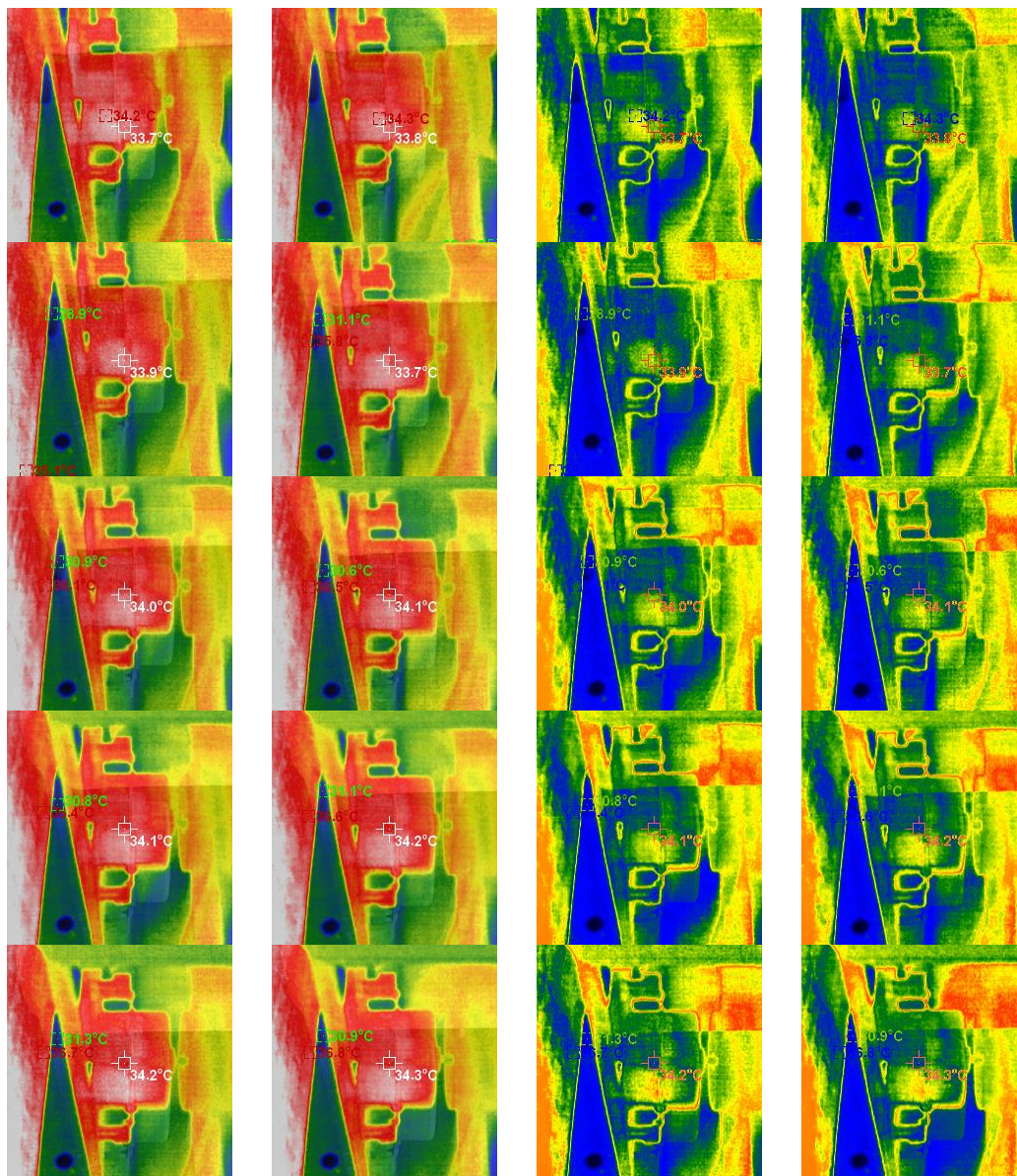


ก

ข

รูปที่ 6 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 1.08\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกรับค่าระดับความร้อน



ก

ข

รูปที่ 7 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 1.50\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกปรับค่าระดับความร้อน

ตารางที่ 1.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 0.80\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	26.60	41.20	43.2868
2	26.70	41.10	35.9763
3	26.70	41.20	37.6208
4	26.90	41.20	36.5787
5	27.20	41.20	32.9085
6	27.20	41.20	33.4997
7	27.60	41.10	34.9166
8	27.60	41.10	34.0517
9	27.90	41.20	32.2439
10	28.20	41.20	32.1009
ค่าเฉลี่ย	27.26	41.17	35.3184

ตารางที่ 1.2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 0.92\mu F$

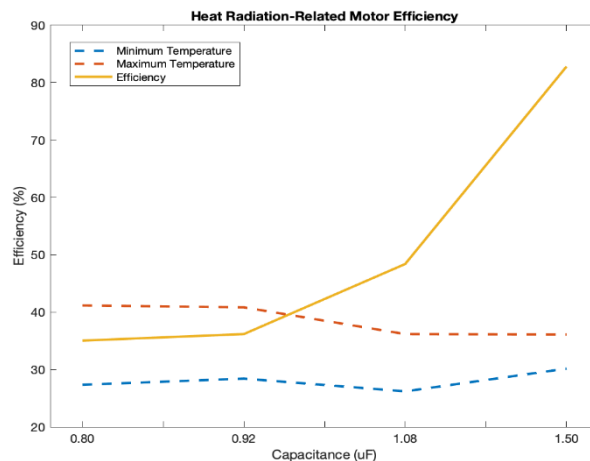
ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	28.10	40.80	40.4368
2	28.20	40.80	41.8593
3	28.10	40.80	38.1486
4	28.30	40.80	40.4133
5	28.60	40.80	35.5739
6	28.50	40.80	35.1261
7	28.60	41.00	34.5194
8	28.50	40.90	32.4184
9	28.50	40.80	34.1942
10	28.50	40.90	32.8201
ค่าเฉลี่ย	28.39	40.84	36.5510

ตารางที่ 1.3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 1.08\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	27.20	35.70	48.3328
2	27.00	36.00	49.8443
3	26.20	35.80	52.9805
4	25.90	35.70	48.9782
5	26.40	36.10	45.7273
6	26.10	36.30	47.6469
7	25.90	36.30	49.1647
8	26.00	36.30	48.8566
9	25.80	36.40	47.8504
10	25.90	36.50	48.6990
ค่าเฉลี่ย	26.24	36.11	48.8081

ตารางที่ 1.4 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 1.50\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	25.60	34.20	85.62
2	25.10	34.30	90.6523
3	28.90	35.10	90.2590
4	31.10	35.80	85.5414
5	30.90	36.10	85.0629
6	30.60	36.50	84.8597
7	30.80	36.40	81.7288
8	31.10	36.60	80.3965
9	31.30	36.70	74.1931
10	30.90	36.80	76.9273
ค่าเฉลี่ย	29.63	35.85	83.5239



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนที่ระดับค่าความเก็บประจุต่างกัน

5. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยวิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนเมื่อตัวคาปาซิเตอร์เกิดการเสื่อมค่าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจากรูปที่ 8 จะพบว่าเมื่อค่าคาปาซิเตอร์มีค่า 1.5 uf จะทำให้มอเตอร์ทำงานที่ประสิทธิภาพสูงแต่เมื่อเกิดการเสื่อมค่าลงต่ำกว่า 1.5 uf ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจะลดลงโดยการจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 1.08 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 48.80 % การจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 0.92 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 36.55 % การจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 0.8 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 35.31 % ซึ่งจะเป็นผลทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานนานขึ้นและจะทำให้เกิดการเสียหายในอุปกรณ์หลักอย่างคอมเพรสเซอร์ต้องทำงานหนักและยังเสียค่าการใช้พลังงานมากขึ้นดังนั้นการตรวจสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจะเป็นวิธีช่วยการตรวจสอบการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น

6. อ้างอิง

- [1] จักรพงษ์ เฟื่องแจ่มแจ้ง.(2557).การปรับปรุงการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- [2] T. Trongtirakul, A. Oulefki, S. Agaian, and W. Chiracharit, "Enhancement and segmentation of breast thermograms," *Proc. SPIE 11399, Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020*, vol. 113990F, 21 April 2020.
- [3] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Adaptive inertia weight particle swarm algorithm for optimized Hyperspectral image enhancement", *Proc. SPIE 11734, Multimodal Image Exploitation and Learning 2021*, 1173403, 2 April 2021.

- [4] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Adaptive inertia weight particle swarm algorithm for optimized Hyperspectral image enhancement," *Proc. SPIE 11734 Multimodal Image Exploitation and Learning 2021*, vol. 11734, pp. 14-22
- [5] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Unsupervised and optimized thermal image quality enhancement and visual surveillance applications," *Signal Processing: Image Communication*, pp. 116714, 2022.
- [6] L. Yuan *et al.*, "Deep Colormap Extraction from Visualizations," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, doi: 10.1109/TVCG.2021.3070876.
- [7] L. Zhou and C. D. Hansen, "A Survey of Colormaps in Visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 22, no. 8, pp. 2051-2069, 1 Aug. 2016, doi: 10.1109/TVCG.2015.2489649.